

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-002782

(43)Date of publication of application : 08.01.2003

(51)Int.Cl.

C30B 29/06

(21)Application number : 2001-181118

(71)Applicant : TOSHIBA CERAMICS CO LTD  
TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 15.06.2001

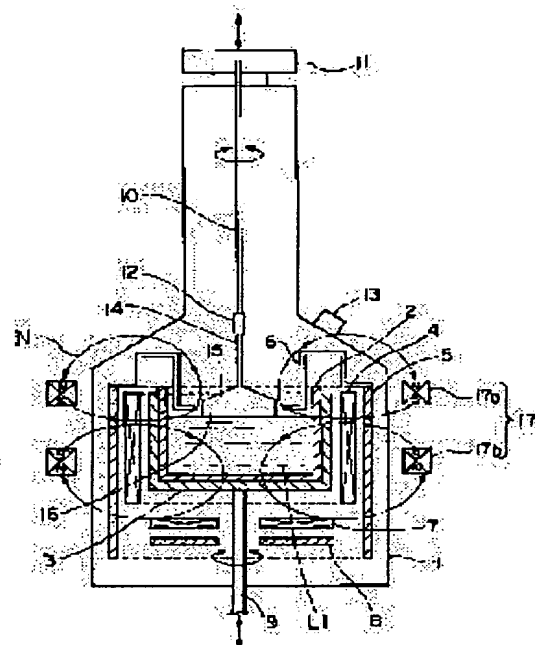
(72)Inventor : WATANABE MASAYUKI  
NAKAGAWA YASUTADA

## (54) METHOD AND DEVICE FOR PULLING SILICON SINGLE CRYSTAL

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for pulling a silicon single crystal which is based on a CZ method and by which a high quality silicon single crystal free from distortions or defects in the crystal can be easily and reliably pulled with a high speed even when the crystal has a large diameter, and to provide a pulling device suitably used for the same.

**SOLUTION:** When the silicon single crystal is pulled by the Czochralski method in which a cusp field is applied, the silicon single crystal is pulled under conditions that the temperature at the inner wall contacting with silicon melt of the bottom part of a crucible is adjusted to be higher than that at the inner side wall of the crucible and the temperature distribution at the bottom of the crucible is such that the temperature at the bottom of the crucible becomes lower from the center of the crucible toward the radial direction. Further, a bottom heater 7 and a side heater 4 are arranged so as to independently heat the bottom part and the side part of the crucible, respectively, to realize the temperature distribution mentioned above, and a radiation cover 6 for suppressing the radiant heat dissipation from the free surface of a silicon melt L1 and the upper end part of the crucible is arranged above the crucible.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-2782  
(P2003-2782A)

(43) 公開日 平成15年1月8日(2003.1.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

C 3 0 B 29/06

識別記号

5 0 2

F I

C 3 0 B 29/06

テームコード(参考)

5 0 2 E 4 G 0 7 7

5 0 2 G

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全10頁)

(21) 出願番号 特願2001-181118(P2001-181118)

(22) 出願日 平成13年6月15日(2001.6.15)

(71) 出願人 000221122

東芝セラミックス株式会社

東京都新宿区西新宿七丁目5番25号

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 渡辺 正幸

神奈川県秦野市曾屋30番地 東芝セラミ

クス株式会社開発研究所内

(74) 代理人 100101878

弁理士 木下 茂

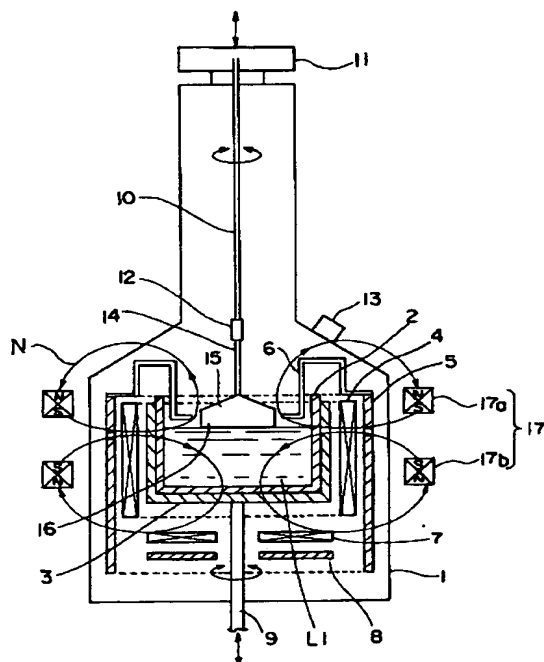
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコン単結晶引上方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 CZ法によるシリコン単結晶引上げにおいて、結晶歪みや欠陥等がない高品質のシリコン単結晶を、大口径の単結晶であっても、容易かつ確実に高速で引上げることができるシリコン単結晶引上方法、および、この方法に好適に用いられる引上装置を提供する。

【解決手段】 カスプ磁場を印加したチョクラルスキー法によるシリコン単結晶引上において、シリコン融液に接触するルツボ内壁におけるルツボ底部の温度がルツボ側部の温度以上であり、かつ、前記ルツボ底部の温度がルツボ中心から径方向に向かって低下する温度分布となるような条件下で、シリコン単結晶を引上げる。また、前記温度分布となるように、ルツボ底部とルツボ側部とを独立に加熱するための底部ヒータ7および側部ヒータ4を配設し、かつ、シリコン融液L1の自由表面およびルツボ上端部からの輻射放熱を抑制する輻射カバー6をルツボ上方に配設する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 カスプ磁場を印加したチョクラルスキー法によるシリコン単結晶引上方法において、シリコン融液に接触するルツボ内壁におけるルツボ底部の温度がルツボ側部の温度以上であり、かつ、前記ルツボ底部の温度がルツボ中心から径方向に向かって低下する温度分布となるような条件下で、シリコン単結晶を引上げることの特徴とするシリコン単結晶引上方法。

【請求項2】 前記温度分布条件は、前記ルツボ底部とルツボ側部とを独立に加熱するとともに、シリコン融液の自由表面およびルツボ上端部からの輻射放熱を抑制することにより制御されることを特徴とする請求項1記載のシリコン単結晶引上方法。

【請求項3】 前記カスプ磁場の印加強度を、300～800 Gaussとすることを特徴とする請求項1または請求項2記載のシリコン単結晶引上方法。

【請求項4】 カスプ磁場を印加したチョクラルスキー法によるシリコン単結晶引上装置であって、シリコン融液に接触するルツボ内壁におけるルツボ底部の温度がルツボ側部の温度以上であり、かつ、前記ルツボ底部の温度がルツボ中心から径方向に向かって低下する温度分布となるように、ルツボ底部とルツボ側部とを独立に加熱するための底部ヒータおよび側部ヒータが配設され、かつ、シリコン融液の自由表面およびルツボ上端部からの輻射放熱を抑制する輻射カバーがルツボ上方に配設されていることを特徴とするシリコン単結晶引上装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、チョクラルスキー法（CZ法）によるシリコン単結晶の引上方法およびその装置に関し、より詳細には、シリコン単結晶の高速引上げを可能とする、カスプ磁場を印加したCZ法によるシリコン単結晶の引上方法およびその装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、CZ法によるシリコン単結晶引上装置としては、図9に示すような装置が、一般的に用いられている。図9に示した装置は、水冷チャンバ21内に配置された石英ルツボ22と、前記石英ルツボ22を保持するカーボンサセブタ23と、前記カーボンサセブタ23の側部外周部を囲うヒータ24と、前記ヒータ24の放熱を防止する保温筒25とを備えている。そして、前記水冷チャンバ21の底部には、その底壁面を貫通するルツボ支持軸29が配置されている。前記ルツボ支持軸29の上端部は、カーボンサセブタ23に固定され、その下端部は、外部の駆動機構（図示しない）に連結されている。したがって、前記ルツボ支持軸29によって、カーボンサセブタ23を介して、石英ルツボ22は、回転および上下動する。

\*

$$K_L \cdot dT_L / dx + \Delta L \cdot v \cdot \rho = K_s \cdot dT_s / dx \quad \cdots (1)$$

＊【0003】また、前記水冷チャンバ21の上部には、その天壁面を貫通して石英ルツボ22内に垂下する引上用ワイヤ30が配置されている。前記引上用ワイヤ30の上端部は、外部のプルヘッド31を介して、引上制御機構（図示しない）に連結され、その下端部には、シードチャック（図示しない）を介して、シード単結晶32が取り付けられる。このシード単結晶32は、前記引上用ワイヤ30によって、回転および上下動する。なお、水冷チャンバ21には、該水冷チャンバ21内の工程を監視するための監視窓33が設けられている。

【0004】このように構成された装置を用いたシリコン単結晶引上げは、まず、石英ルツボ22内に収容された多結晶シリコン等の原料をヒータ24で加熱溶解し、そのシリコン融液L2内にシード単結晶32の先端部を懸垂させて浸す。そして、シリコン融液L2に十分に馴染ませた後、前記シード単結晶32の引上げを開始する。このとき、単結晶を無転位成長させるため、いわゆるネッキング工程において、シード単結晶32の先端部に直径数mm程度のシードネック34を形成する。その後続けて、シード単結晶32を引上げながら、その先端部とシリコン融液L2との接触界面で、単結晶の径を拡大していき、クラウン部（シードコーン部または肩部）35を成長させ、引き続いて、直胴部36を成長させて、全体として棒状の単結晶インゴットを育成する。

【0005】上記のようなシリコン単結晶引上工程においては、結晶成長速度、すなわち、引上速度は、生産性の決め手となる重要な要素であり、無転位化や結晶品質に支障がない範囲で、可能な限り速い引上速度が望まれる。

【0006】また、最近では、IC等の半導体デバイスの微細化・高集積化に伴って、シリコン単結晶中の空孔凝集2次欠陥（COP；Crystal originated particle）の存在が、デバイス製造の歩留まりや特性に大きく影響していることが判明した。そして、このCOPを制御するためには、シリコン単結晶の高速引上げが有効であることも指摘されている（例えば、K.M.Kim, "Silicon-pulling technology for 2000+" Solid State Technology, January 2000, p.69-73）。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、CZ法によるシリコン単結晶の育成においては、その引上速度が重要であり、特に、最近の半導体用単結晶においては、生産性のみならず、結晶品質の点でも、高速引上げが要求されるようになってきている。

【0008】一般に、単結晶の引上速度は、以下に示す結晶成長界面での熱バランスの式により見積もられる（高須新一郎“結晶成長基礎技術”第2版、東京大学出版会、1990 参照）。

ここで、 $K_L$ と $K_S$ は、それぞれ原料融液と結晶の熱伝導率、 $dT_L/dx$ と $dT_S/dx$ は、それぞれ原料融液と結晶の成長方向における温度勾配、 $\Delta L$ は単位重量当たりの凝固潜熱、 $\rho$ は結晶の密度、 $v$ は結晶成長速度である。

【0009】実際の引上工程における引上速度は、前記結晶成長速度 $v$ とほぼ等しくなるように調整される。また、(1)式における $dT_S/dx$ は、短時間である引上過程においては、それほど大きくは変化しない。このため、引上速度を速くするためには、輻射シールドの設置等によるホットゾーン形成等により、 $dT_S/dx$ をできるだけ大きく維持する一方、引上過程において融液温度を低下させることにより、 $dT_L/dx$ を小さくする方法が採られる。そして、(1)式より、引上速度は、 $dT_L/dx=0$ のときに最大となり、理論上の最高引上速度 $v_{max}$ は、

$$v_{max} = (K_S / \rho \Delta L) \times (dT_S / dx)$$

となる。

【0010】ところで、引上速度は、結晶が大口径であるほど、小さくなる。これは、単位時間当たりの凝固潜熱 $\Delta L$ は、結晶の体積に比例（口径の3乗に比例）して大きくなるため、これに伴い、体積に比例（口径の3乗に比例）して増加する熱量を、口径の2乗に比例して増加する結晶表面から放出するため、 $dT_S/dx$ が小さくなることによる。

【0011】また、前記引上速度は、原料の融液状態を保持するための熱環境の変化、融液内での物質移動、すなわち、融液流動による温度変化等により生じる液温のゆらぎ等に対応して、変化させることが必要である。したがって、実際の引上速度は、一般に、(1)式から求められる理論上の最高引上速度 $v_{max}$ よりも小さくなる。しかも、大口径の単結晶の引上げは、必然的に、大口径のルツボを用いて、大容量の原料融液から引上げなければならないため、それだけ液温のゆらぎも大きくなる。この液温のゆらぎは、磁場の印加によって軽減することができるが、それでもなお、実際の引上速度は、

(1)式により求められる理論値 $v_{max}$ よりも小さい。

【0012】例えば、直径300mmのシリコン単結晶引上げの場合、 $dT_S/dx$ は4℃/mm程度まで小さくなり、(1)式より、 $v_{max}=1.50\text{mm}/\text{min}$ となる。しかしながら、実際の引上速度は、磁場を印加した場合であっても、最高でも1.0mm/min程度である。したがって、例えば、直径300mmのシリコン単結晶引上げにおいて、直径200mm並の1.2～1.5mm/minの引上速度を実現するためには、引上速度と融液の加熱方法、対流等を含めたシリコン融液の流動や熱環境との相関に基づいて制御する必要がある。

【0013】近年、計算機シミュレーション技術が発展し、融液の流動や温度分布の解析評価がなされるように

なっており、本発明者らは、上記技術的課題を解決するために、CZ法による大口径単結晶引上げにおいて、前記解析評価と引上速度との相関について鋭意研究を重ねてきた。その結果、原料融液に接触するルツボ内壁の温度分布が特定の状態にある場合に、融液の流動に乱れが少なく、液温のゆらぎを抑制することができ、実際の引上速度を、(1)式より求められた理論上の最高引上速度 $v_{max}$ と同等にすることができることを見出し、この知見に基づいて、本発明を完成するに至った。

【0014】本発明は、CZ法によるシリコン単結晶引上げにおいて、結晶歪みや欠陥等がない高品質のシリコン単結晶を、大口径の単結晶であっても、容易かつ確実に高速で引上げることができるシリコン単結晶引上方法、および、この方法に好適に用いられる引上装置を提供することを目的とするものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明に係るシリコン単結晶引上方法は、カスプ磁場を印加したチョクラルスキー法によるシリコン単結晶引上方法において、シリコン融液に接触するルツボ内壁におけるルツボ底部の温度がルツボ側部の温度以上であり、かつ、前記ルツボ底部の温度がルツボ中心から径方向に向かって低下する温度分布となるような条件下で、シリコン単結晶を引上げることの特徴とする。これにより、直径300mm以上の大口径の単結晶であっても、結晶歪みや欠陥等がない高品質のシリコン単結晶を、理論上の最高速引上速度に近い速度で、容易かつ確実に引上げることができる。

【0016】前記温度分布条件は、前記ルツボ底部とルツボ側部とを独立に加熱するとともに、シリコン融液の自由表面およびルツボ上端部からの輻射放熱を抑制することにより制御されることが好ましい。上記温度分布条件となるように制御するための好適手段であり、ルツボ外部からの加熱手段を底部と側部とに分割し、さらに、シリコン融液の自由表面およびルツボ上端部からの輻射放熱を遮蔽抑制することにより、容易に前記条件を満たすことができる。

【0017】また、前記カスプ磁場の印加強度を、300～800ガウスとすることが好ましい。上記範囲の磁場強度でカスプ磁場を印加することにより、前記ルツボ底部をルツボ側部とは独立に加熱する場合に発生しやすい、結晶が一方向にねじれる現象を抑制することができる。

【0018】本発明に係るシリコン単結晶引上装置は、カスプ磁場を印加したチョクラルスキー法によるシリコン単結晶引上装置であって、シリコン融液に接触するルツボ内壁におけるルツボ底部の温度がルツボ側部の温度以上であり、かつ、前記ルツボ底部の温度がルツボ中心から径方向に向かって低下する温度分布となるように、ルツボ底部とルツボ側部とを独立に加熱するための底部ヒータおよび側部ヒータが配設され、かつ、シリコン融

10

20

30

40

50

液の自由表面およびルツボ上端部からの輻射放熱を抑制する輻射カバーがルツボ上方に配設されていることを特徴とする。このような底部ヒータ、側部ヒータおよび輻射カバーを具備したシリコン単結晶引上装置を用いることにより、本発明に係る上記引上方法を有効かつ容易に実施することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、図面を参照して詳細に説明する。図1に、本発明に係るカスプ磁場を印加したCZ法によるシリコン単結晶引上装置の一例を示す。図1に示した装置は、水冷チャンバ1と、前記水冷チャンバ1内に配置された石英ルツボ2と、前記石英ルツボ2を保持するカーボンサセプタ3と、前記カーボンサセプタ3の側部外周部を囲う側部ヒータ4と、前記側部ヒータ4の外側に設けられた放熱防止用の保温筒5と、前記石英ルツボ2に收容されたシリコン融液L1の自由表面上および石英ルツボ2上端部からの輻射放熱を抑制するための輻射カバー6と、前記石英ルツボ2を底部から加熱する底部ヒータ7と、前記底部ヒータ7の下

方に設けられた放熱防止用の底部保温板8とを備えている。【0020】また、前記水冷チャンバ1の底部には、その底壁面を貫通するルツボ支持軸9が配置されている。前記ルツボ支持軸9の上端部は、カーボンサセプタ3に固定され、その下端部に連結された外部の駆動機構（図示しない）によって、回転および上下動可能に構成されている。したがって、前記ルツボ支持軸9によって、カーボンサセプタ3を介して、石英ルツボ2は、回転および上下動する。

【0021】また、前記水冷チャンバ1の上部には、その天壁面を貫通して石英ルツボ2内に垂下する引上用ワイヤ10が配置されている。前記引上用ワイヤ10の上端部は、外部のプルヘッド11を介して、引上制御機構（図示しない）に連結され、その下端部には、シードチャック（図示しない）を介して、シード単結晶12が取り付けられている。このシード単結晶12は、引上用ワイヤ10によって、回転および上下動する。なお、水冷チャンバ1には、該水冷チャンバ1内での工程を監視するための監視窓13が設けられている。

【0022】また、水冷チャンバ1の側部には、石英ルツボ2の中心軸と同軸である2対のコイル17a、17bにより構成されるカスプ型磁場印加装置17が設けられている。前記コイル17a、17bは同極同士が相対し、結晶成長界面付近およびシリコン融液L1にそれぞれ、磁力線Nで示されるような磁場を印加する。

【0023】上記装置を用いてシリコン単結晶を引上げるには、まず、石英ルツボ2内に多結晶シリコン等の原料を入れる。そして、これを側部ヒータ4および底部ヒータ7とを併用して加熱溶解し、シリコン融液L1を調製する。このシリコン融液L1内にシード単結晶12の

先端部を懸垂させて浸し、前記シード単結晶12の引上げを開始する。そして、ネッキング工程において、シード単結晶12の先端部に、直径数mm程度のシードネック14を形成し、続いて、シード単結晶12を引上げながら、その先端部とシリコン融液L1との接触界面で、単結晶の径を拡大していき、クラウン部（シードコーン部または肩部）15を形成する。その後、直胴部16を成長させ、全体として棒状のシリコン単結晶インゴットを育成する。

【0024】上述のとおり、本発明に係るシリコン単結晶引上方法は、シリコン融液に接触するルツボ内壁を特定の温度分布状態に調節し、引上過程において、その状態を保持することを特徴とするものである。このため、図1に示した装置においては、石英ルツボ2の側部から加熱する従来の側部ヒータ4に加えて、該石英ルツボ2の底部から加熱する底部ヒータ7を備えている。そして、両ヒータの加熱のバランスおよび石英ルツボ2の軸方向における相対位置を調整することによって、石英ルツボ2の加熱状態、すなわち、石英ルツボ2の内壁における温度分布状態を容易に調節することができるようにしている。

【0025】また、上記装置には、シリコン融液L1の自由表面およびルツボ上端部を覆う輻射カバー6が設けられている。これにより、石英ルツボ2の側壁上部における温度低下が抑制され、石英ルツボ2の側部における温度分布の調節をより容易にすることができる。

【0026】また、底部ヒータ7の使用により、育成される単結晶が一方向にねじれる現象が生じやすくなるが、このねじれの現象は、カスプ磁場を印加することにより抑制することができる。これは、結晶成長界面近傍における温度分布の非軸対称性（乱れ）が、カスプ磁場を所定強度以上印加することにより、矯正されるためであると考えられる。

【0027】前記カスプ磁場の印加強度は、300～800ガウスとすることが好ましく、より好ましくは、350～500ガウスである。特に、ルツボ底壁およびルツボ側壁の磁束の稠密箇所において、500ガウス程度になるように印加することが好ましい。

【0028】成長界面近傍における温度の時間的なゆらぎ、すなわち、温度変動の磁場強度依存性は、磁場強度が200～300ガウスまで増大させると、温度変動は大きくなる傾向を有し、ピークを越えると、逆に、磁場強度の増大により、温度変動は急速に沈静化する。そして、500ガウス付近で飽和して、温度変動は最小となり、それ以上の磁場をかけても、温度変動は変化しない。磁場強度が300ガウスまでは、浮力による融液の自然対流および回転による強制対流とが複合して乱流が生じているところに、磁場を印加することによって自然対流が減少し、強制対流と拮抗するところでの流動がより不安定になり、これが温度変動のピークを招来するも

のと考えられる。そして、前記温度変動のピークに当たる磁場強度を越える300 Gauss強以上で、上記した結晶のねじれの現象は抑制される。これは、磁場強度が300 Gauss強以上に増大すると、前記自然対流が抑制・整理されて、対流は軸対称になる結果、温度変化が沈静化し、結晶のねじれの発生も抑制されるものと推測される。なお、磁場強度によって、融液の流速は変化するが、温度分布および流動分布は、基本的には、ルツボ内壁の温度分布によって決まるため、磁場強度によっては変化しない。

【0029】次に、図1に示した装置を用いて、側部ヒータ4と底部ヒータ7の加熱バランスおよび石英ルツボ2との軸方向における相対位置を変化させ、シリコン融液L1に接触する石英ルツボ2の内壁（側部および底部）における温度分布とシリコン融液L1の流動状態との相関を解析した結果を図2～図7に示す。ここでは、結晶成長界面温度を1420℃、カブス磁場をルツボ底壁およびルツボ側壁の磁束の稠密箇所において500 Gauss程度になるように印加した。そして、結晶とルツボの回転数を境界条件として、MAC法により数値解析した。

図2～図7は、ルツボの中心軸から右半分を図示したルツボ内の融液の縦断面図であり、枠内にルツボ内壁の温度を示し、枠内にシリコン融液の温度分布を領域別に示した。また、融液の流動状態を速度ベクトルとして矢印で示した。

【0030】図2～図7では、いずれの場合にも、シリコン融液に二つの主な流れが生じている。一つは、浮力によってルツボ側壁に沿って上昇する流れXであり、融液表層に到達した後は、融液表面に沿って結晶成長界面に向かって流れるものである。もう一つは、ルツボ底部から結晶成長界面に向かって上昇する流れYであり、浮力と回転によるコクラン流が関与しているものである。

【0031】これら二つの流れの強弱は、ルツボ内壁の温度分布によって変化し、次の3つの各パターンに分類される。

①ルツボ側部の温度が底部の温度よりも高い場合（図3、図7）には、流れXが優勢であり、この流れによって比較的強い熱流が結晶成長界面に向かって生じるため、引上速度は0.6～0.7 mm/min程度に留まる。

②一方、ルツボ側部の温度が底部の温度よりも低い場合（図4）、または、側部と底部の温度が同程度でも、側部と底部の境界付近の温度が高い場合（図5）はいずれも、流れYが優勢になり、融液表層で流れXと衝突して結晶成長界面下に流下する。この衝突箇所の付近で、周辺よりも温度が低くなるため、この低温領域に向かって成長結晶が張り出しやすくなり、結晶外周が花卉状に変形（フラッシュアウト）する傾向を生じる。これを回避するため、引上速度は、0.4～0.6 mm/min程度に制限される。

③次に、ルツボ側部と底部の温度が、いずれの箇所においても同じである場合（図2）、または、底部の温度が側部の温度以上であり、かつ、底部の温度がルツボ中心から径方向に向かって低下する場合（図6）には、流れXは抑制され、結晶成長界面への熱流も抑制されるため、流れYとの衝突も起こらない。これらの場合には、いずれも引上速度は速くなるが、図6の場合の方が、流れXが大幅に抑制されるため、引上速度を大幅に向上させることができる。図2の場合には、引上速度は1.0 mm/min程度であるが、図6の場合には、1.2 mm/min以上の高速での引上げが可能となる。

【0032】したがって、上記パターンの③のうち、特に、図6に示したような熱環境を設定することにより、結晶歪みや欠陥等がない高品質のシリコン単結晶を引上げる際、その引上速度を最も効果的に向上させることができる。すなわち、本発明に係る方法は、カブス磁場を印加したCZ法シリコン単結晶引上装置を用いて、底部の温度が側部の温度以上であり、かつ、底部の温度がルツボ中心から径方向に向かって低下するように、シリコン融液に接触するルツボ内壁における温度分布を制御するとともに、印加するカブス磁場強度を300～800 Gaussとするものである。

【0033】また、図1に示したようなカブス磁場を印加したCZ法シリコン単結晶引上装置の構成、特に、ルツボの側部および底部を加熱するヒータの構成についての好適態様を、図8(a)～(c)に示す。図8(a)は、シリコン融液L1の液面高さの位置において、側部ヒータ4を上下に2分割した場合を図示したものである。また、図8(b)は、さらに、側部ヒータ4を底部付近で上下に分割し、全体で3分割した場合を図示したものである。図8(c)は、さらに、底部のルツボ中心付近と側部付近とで、底部ヒータ7をルツボの径方向に対して2分割した場合を図示したものである。このように、側部ヒータ4および底部ヒータ7のそれぞれを複数個に分割して設置したようなヒータ構成とすることにより、ルツボ内壁における温度分布を、部分ごとに、より精密かつ容易に制御することができる。

【0034】

【実施例】[実施例] 図1に示したような構成からなる装置を用いて、内径830 mmの石英ルツボ内に、200 kgの多結晶シリコン原料を溶融させて、融液を調製した。側部ヒータと底部ヒータによる加熱および初期ルツボ位置を調整して、図2(e)に示したような融液状態、すなわち、シリコン融液に接触する石英ルツボ内壁におけるルツボ底部の温度が側壁温度以上であり、かつ、底部の温度がルツボ中心から径方向に向かって低下する温度分布となるように制御した。また、カブス磁場強度は、酸素濃度制御との関係から、500 Gaussに設定した。この状態で、シード単結晶を装着し、ネックング工程、クラウン成長工程と順次、引上工程を進行さ

せ、直径 300 mm の直胴部の成長工程に移行した。引上速度の目標値を 1.2 mm/min に設定して、結晶回転数を 12 rpm、ルツボ回転数を 6 rpm で一定にして、直胴部を育成した。また、直径の制御は、引上速度と側部ヒータの加熱調節とともに、上記温度分布状態を保持するため、適宜、底部ヒータによる加熱調節も行った。

【0035】途中、直径の減少や結晶変形を生ずることなく、引上速度 1.2 mm/min 以上を保持したまま、無転位で 300 mm 径のシリコン単結晶インゴットが得られた。上記操作を 30 回繰り返した行ったが、いずれの場合にも、引上速度 1.2 mm/min 以上で、無転位でシリコン単結晶インゴットが得られた。

【0036】

【発明の効果】以上のとおり、本発明に係るシリコン単結晶引上方法およびその装置を用いれば、引上速度を制限する要因を有効に除去することができる。したがって、本発明によって、直径の変動や結晶の変形が抑制されるため、直径 300 mm 以上の大口径の単結晶であっても、結晶歪みや欠陥等がない高品質のシリコン単結晶の高速引上げが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係るシリコン単結晶引上装置の一例を示す概略断面図である。

【図 2】シリコン融液に接触する石英ルツボ内壁における温度分布とシリコン融液の流動状態との関係を示す模式図であって、ルツボ側部と底部の温度が、いずれの箇所においても同じである場合のルツボの中心軸から右半分を図示したルツボ内の融液の縦断面図である。

【図 3】シリコン融液に接触する石英ルツボ内壁における温度分布とシリコン融液の流動状態との関係を示す模式図であって、ルツボ側部の温度が底部の温度よりも高い場合のルツボの中心軸から右半分を図示したルツボ内の融液の縦断面図である。

【図 4】シリコン融液に接触する石英ルツボ内壁における温度分布とシリコン融液の流動状態との関係を示す模式図であって、ルツボ側部の温度が底部の温度よりも低い場合のルツボの中心軸から右半分を図示したルツボ内の融液の縦断面図である。

【図 5】シリコン融液に接触する石英ルツボ内壁における温度分布とシリコン融液の流動状態との関係を示す模式図であって、ルツボ側部と底部の温度が同程度であり、側部と底部の境界付近の温度が高い場合のルツボの中心軸から右半分を図示したルツボ内の融液の縦断面図である。

【図 6】シリコン融液に接触する石英ルツボ内壁における温度分布とシリコン融液の流動状態との関係を示す模式図であって、ルツボ底部の温度が側部の温度以上であり、かつ、底部の温度がルツボ中心から径方向に向かって低下する場合のルツボの中心軸から右半分を図示した

ルツボ内の融液の縦断面図である。

【図 7】シリコン融液に接触する石英ルツボ内壁における温度分布とシリコン融液の流動状態との関係を示す模式図であって、ルツボ側部の温度が底部の温度以上であり、かつ、底部の温度がルツボ中心から径方向に向かって上昇する場合のルツボの中心軸から右半分を図示したルツボ内の融液の縦断面図である。

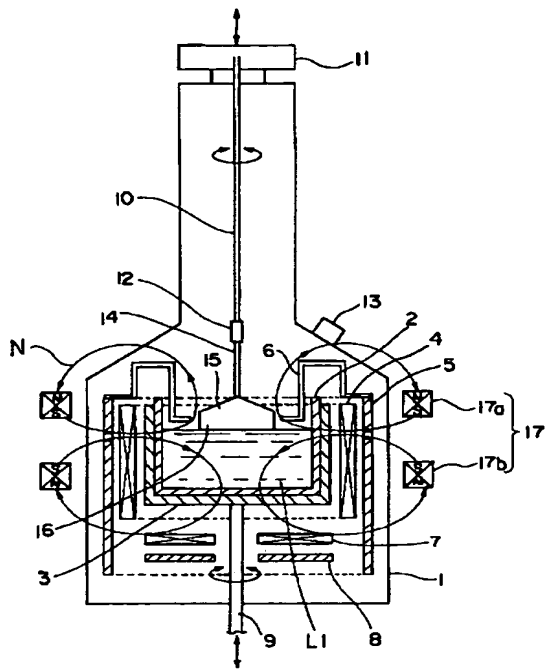
【図 8】本発明に係るシリコン単結晶引上装置における底部ヒータおよび側部ヒータの他の態様を示す概略断面図である。(a) は、側部ヒータを 2 分割した場合であり、(b) は、側部ヒータを 3 分割した場合であり、(c) は、側部ヒータを 3 分割、底部ヒータを 2 分割した場合を示したものである。

【図 9】従来のチョクラルスキー法シリコン単結晶引上装置の概略断面図である。

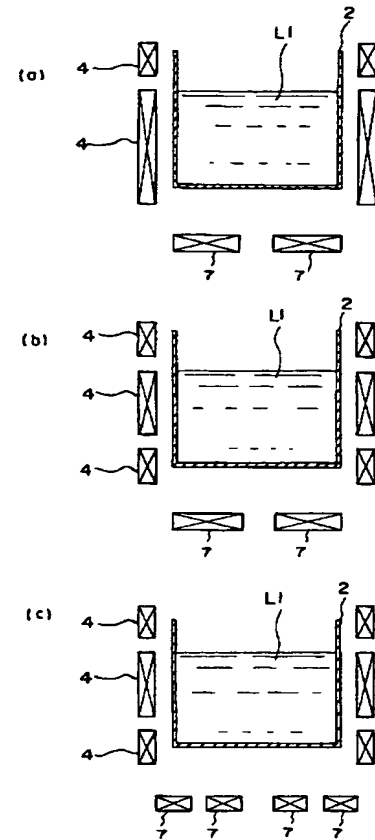
【符号の説明】

- 1、21 水冷チャンバ
- 2、22 石英ルツボ
- 3、23 カーボンサセプタ
- 4、24 側部ヒータ
- 5、25 保温筒
- 6 輻射カバー
- 7 底部ヒータ
- 8 保温板
- 9、29 ルツボ支持軸
- 10、30 引上用ワイヤ
- 11、31 ブルヘッド
- 12、32 シード単結晶
- 13、33 監視窓
- 14、34 シードネック
- 15、35 クラウン部
- 16、36 直胴部
- 17 カスプ型磁場印加装置
- 17a、17b コイル
- L1、L2 シリコン融液
- N 磁力線
- A 1425℃領域
- B 1430℃領域
- C 1435℃領域
- D 1440℃領域
- E 1445℃領域
- F 1450℃領域
- G 1455℃領域
- H 1460℃領域
- I 1465℃領域
- J 1470℃領域
- K 1475℃領域
- L 1480℃領域
- M 1485℃領域

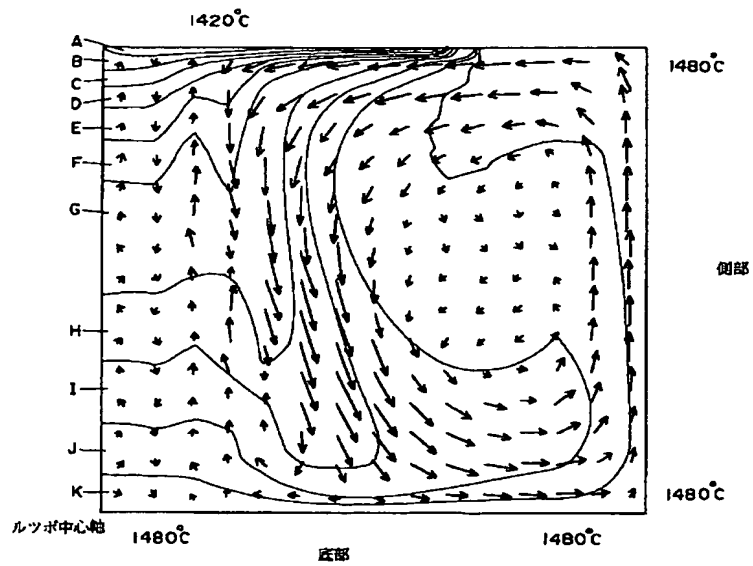
【図1】



【図8】

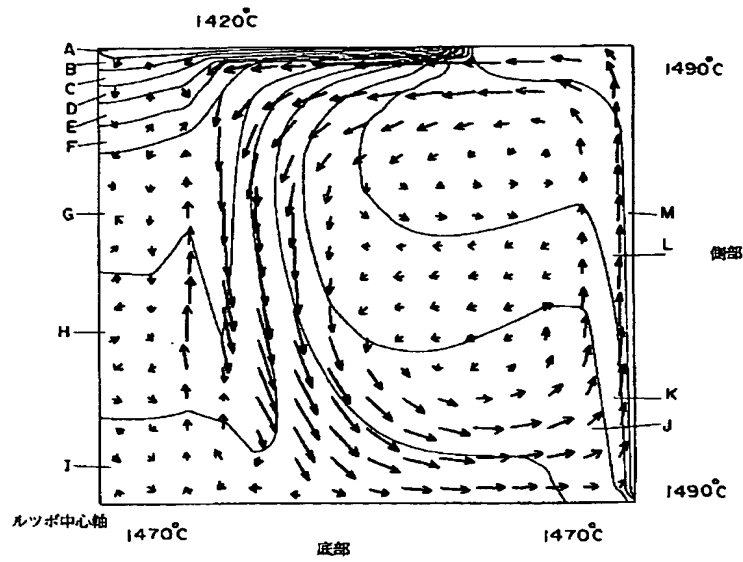


【図2】

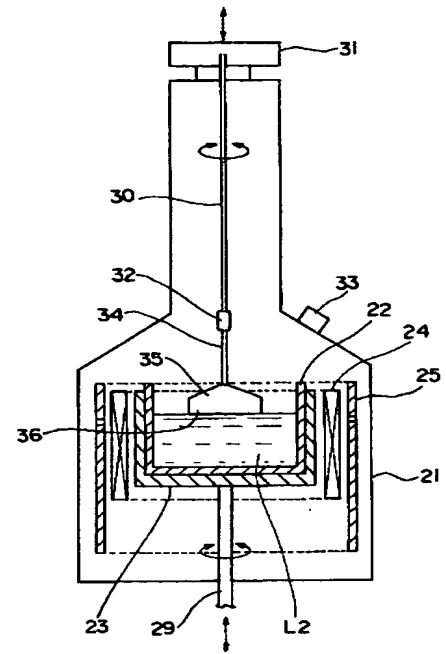




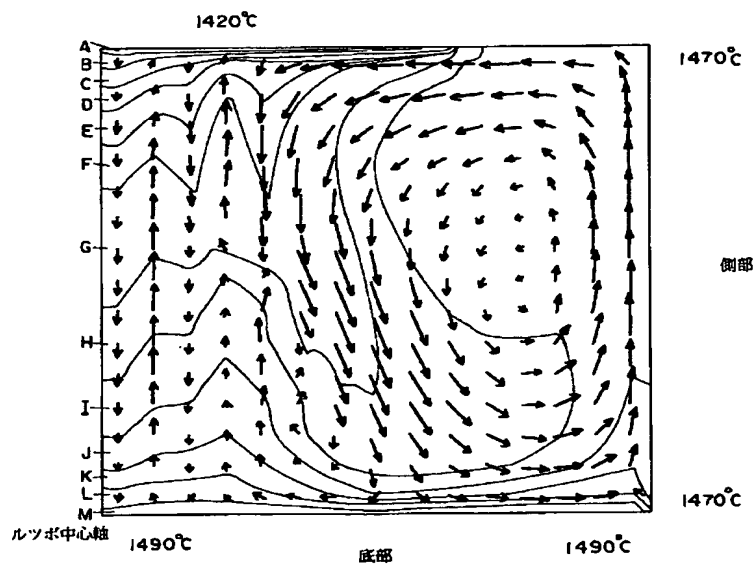
【図3】



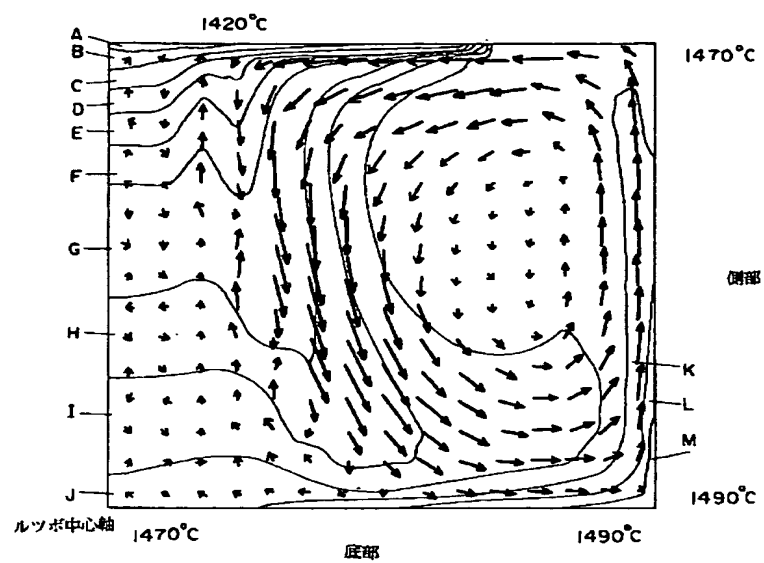
【図9】



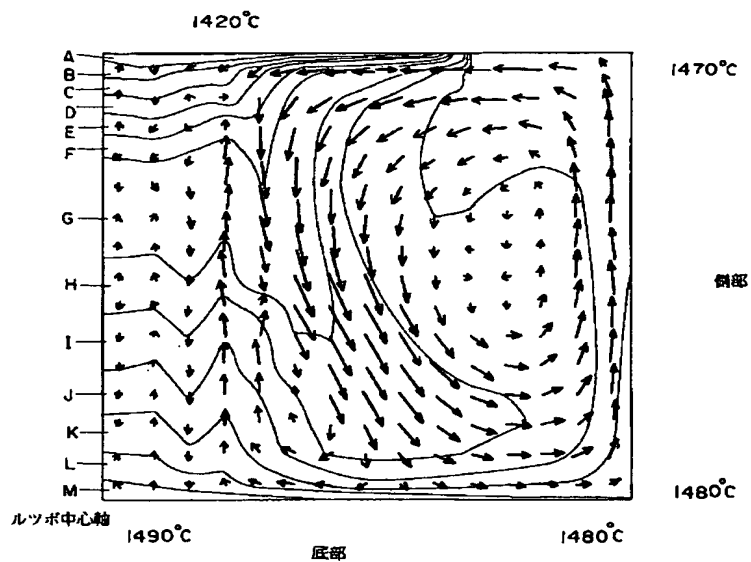
【図4】



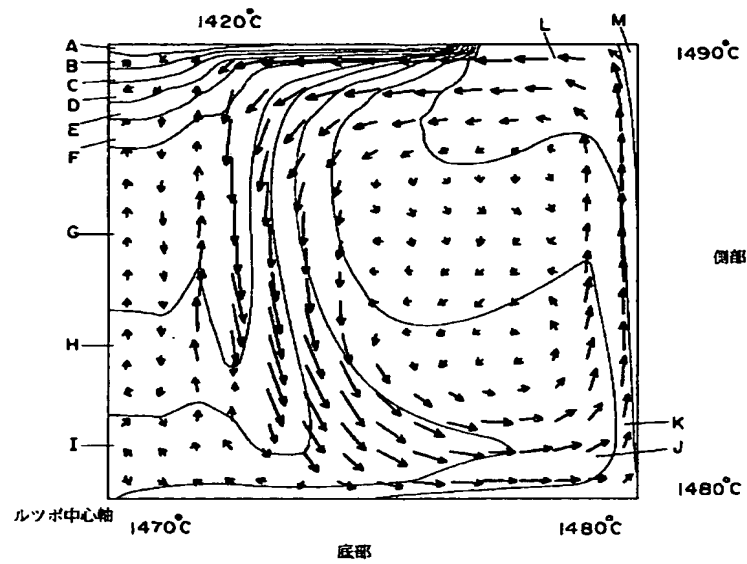
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 中川 泰忠

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株  
式会社東芝生産技術センター内

F ターム(参考) 4G077 AA02 BA04 CF10 EA01 EG18

EH07 EJ02 HA12 PE07 PF55

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**